

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/000142

International filing date: 07 January 2005 (07.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-044868  
Filing date: 20 February 2004 (20.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 10 March 2005 (10.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

17.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   2 月 2 0 日  
Date of Application:

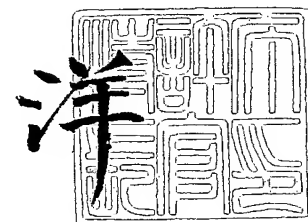
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 4 4 8 6 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 0 4 4 8 6 8 ]

出   願   人            シャープ株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 2 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 03J05361  
【提出日】 平成16年 2月20日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 31/04  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内  
    【氏名】 小浜 範芳  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内  
    【氏名】 西村 和仁  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内  
    【氏名】 奈須野 善之  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005049  
    【氏名又は名称】 シャープ株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100065248  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 野河 信太郎  
    【電話番号】 06-6365-0718  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014203  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0306384

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

基板の少なくとも一部の表面領域上に形成された第 1 の透明導電層を備え、第 1 の透明導電層は、基板を露出させる少なくとも 1 つの開口部を有する光電変換装置用基板。

**【請求項 2】**

第 1 の透明導電層は、その表面上に凹凸を有する請求項 1 に記載の光電変換装置用基板。

**【請求項 3】**

第 1 の透明導電層上に、第 1 の透明導電層の開口部を被覆する第 2 の透明導電層をさらに備える請求項 1 又は 2 に記載の光電変換装置用基板。

**【請求項 4】**

第 2 の透明導電層は、その膜厚が、第 1 の透明導電層より薄い請求項 3 に記載の光電変換装置用基板。

**【請求項 5】**

第 1 及び第 2 の透明導電層は、その合成されたシート抵抗が  $5 \sim 25 \Omega/\square$  である請求項 1 ～ 4 に記載の光電変換装置用基板。

**【請求項 6】**

請求項 1 ～ 5 に記載の光電変換装置用基板上に、光電変換層と、裏面電極層とがこの順で積層されている光電変換装置。

**【請求項 7】**

請求項 1 ～ 5 に記載の光電変換装置用基板上に、複数の光電変換層と、裏面電極層とがこの順で積層され、隣接する 2 つの光電変換層の少なくとも 1 組に挟持された第 1 の中間層を備える積層型光電変換装置。

**【請求項 8】**

第 1 の中間層は、第 1 の中間層を挟持する 1 組の光電変換層が互いに接触するような、少なくとも 1 つの開口部を有する請求項 7 に記載の積層型光電変換装置。

**【請求項 9】**

第 1 の中間層とその上の光電変換層との間に、第 1 の中間層の開口部を被覆する第 2 の中間層をさらに備える請求項 8 に記載の積層型光電変換装置。

**【請求項 10】**

第 2 の中間層は、その膜厚が、第 1 の中間層より薄い請求項 9 に記載の積層型光電変換装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光電変換装置用基板、光電変換装置、積層型光電変換装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、高い光電流および光電変換効率を得ることができる光電変換装置用基板、光電変換装置、及び積層型光電変換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

石油等の化石燃料は、将来の枯渇が懸念されており、かつ地球温暖化現象の原因となる二酸化炭素排出の問題がある。近年、特に環境意識の高まりやシステムの低価格化などにより、太陽光発電システムの普及が拡大してきており、石油等の化石燃料の代替エネルギーとして期待されている。

【0003】

一般的な太陽電池は、バルク太陽電池と薄膜太陽電池に分類される。バルク太陽電池とは、単結晶および多結晶シリコンや、ガリウム砒素化合物太陽電池等のバルク結晶の半導体を用いて作られるもので、現在すでに量産技術が確立されているものが多い。しかし、最近ではバルク太陽電池の急激な生産量の増加による原料不足や低コスト化が困難であるといった問題がある。それに対して、薄膜太陽電池は使用する半導体の量を大幅に減らすことができるため、原料不足問題が解消できるとともに、大幅な低コスト化の可能性をもつ次世代型の太陽電池として注目されている。具体的には、前記バルク太陽電池が数百 $\mu$ mの厚さを有するのに対し、前記薄膜太陽電池は半導体層の厚さが10 $\mu$ m～数 $\mu$ m以下である。該薄膜太陽電池の構造は、一般的に下記の2つのタイプに分類することができる。すなわち、透光性基板上に透明導電層、光電変換層、裏面電極層の順に積層し、透光性基板側から光を入射するスーパーストレートタイプと、非透光性基板上に裏面電極層、光電変換層、透明導電層、金属グリッド電極の順に積層し、金属グリッド電極側から光を入射するサブストレートタイプである。

【0004】

上述のように、薄膜太陽電池は使用する半導体量が少ないため、高い光電変換効率を得るためには、半導体層に入射する光を有効に利用する技術が非常に重要である。そのための技術の1つとして、光閉じ込め技術が挙げられる。光閉じ込め技術とは、光電変換層と屈折率の異なる材料との界面に光を散乱・屈折させるような構造を形成することによって、光電変換層内での実質的な光路長を伸ばすことで光吸収量を増加させ光電変換効率を向上させる技術である。

【0005】

特に、前記スーパーストレートタイプの薄膜太陽電池において光閉じ込め効果を向上させるためには、前記透明導電層が次の2つの効果を有することが要求される。第一に、前記透明導電層における光吸収が少ないこと、すなわち、高い透過率を有することである。

これにより、透光性基板側から薄膜太陽電池に入射する光をより多く光電変換層に送り込むことができる。第二に、前記透明導電層が入射光を有効に散乱・屈折させることができる構造（光閉じ込め構造）を有することである。該光閉じ込め構造としては、前記透光性基板、前記透明導電層等の表面凹凸を利用する場合が多い。また、前記光閉じ込め構造を評価する物性値の1つとしてヘイズ率が利用できることが一般的に知られており、ヘイズ率が高ければ高いほど該構造による散乱・屈折光が増加することを示す。さらに、光閉じ込め効果とは別に前記透明導電層に求められる要件として、電気抵抗（シート抵抗）が低いことも重要である。前記透明導電層は光電変換層において発生した電力を集めて取り出すための集電電極の役割も兼ねているので、シート抵抗が低ければ低いほど抵抗損失が低減され、高い光電変換効率を得ることができるのである。

【0006】

上記光閉じ込め効果を利用した従来技術として以下のようなものが挙げられる。例えば、特許文献1では透明導電層表面に形成される円形状の穴の大きさや密度、さらには穴の

表面に形成される凹凸の高低差や凹凸の間隔を規定している。また、特許文献2では透明導電層表面の凹凸の高低差の二乗平均値や凹凸の傾斜角を規定している。しかし、凹凸の高低差が大きく、凹凸ピッチが小さい表面凹凸構造を有する基板を用いた場合には凹凸に起因した機械的または電氣的な欠陥が生じやすく、欠陥が光電変換装置の開放端電圧の低下や歩留まりの低下をもたらすという問題が生じる。そのため、光電変換装置の性能のばらつきが大きくなるとして、特許文献3では2層構造の透明導電層により1層目と2層目の凹凸の高低差を規定することで、光電変換ユニット層の欠陥を低減し、光電変換特性のばらつきを低減できるとしている。

【特許文献1】特開2002-314109号公報

【特許文献2】特開2002-141525号公報

【特許文献3】特開2000-252500号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述したように、前記透明導電層を高透過率かつ高ヘイズ率とすることにより光閉じ込め効果を向上させるためには、以下に述べるような課題を解決する必要がある。

【0008】

第一に、前記透明導電層を高透過率にするということは、換言すれば該透明導電層における光吸収を少なくすることであり、そのためには該透明導電層の膜厚を薄くする必要がある。しかし、該透明導電層の膜厚を薄くするにつれてシート抵抗が高くなり直列抵抗損失が増加するため、光電変換装置の光電変換効率が低下してしまう。また、膜厚を薄くすると表面凹凸を形成したときの高低差が小さくなり、ヘイズ率は低下する。

【0009】

第二に、透明導電層を高ヘイズ率とするために表面に大きな凹凸形状を形成するためには、透明導電層の膜厚が厚いことが必要となる。しかし、膜厚を厚くすると透明導電層中の光吸収量が増加するため透過率は低下し、光電変換効率が低下する。

【0010】

従って、高ヘイズ率と高透過率、および低シート抵抗の条件を同時に満たす透明導電層を作製することは困難である。

【0011】

また、特許文献1及び特許文献2に記載の従来技術は、透明導電層表面の凹凸による光散乱を増加させるためのもので透明導電層の透過率を高めることはできない。

【0012】

また、特許文献3に記載の従来技術は、透明導電層の凹凸形状に起因する機械的または電氣的な欠陥の発生を抑制することはできるが、第1の透明導電層の上に第2の透明導電層を形成することにより透明導電層全体の膜厚が増加し、透過率の低下を招くため、光電変換装置の光電流を増加することはできない。

【0013】

本発明は、係る事情に鑑みてなされたものであり、透明導電層の膜厚が厚い場合であっても高透過率を確保できる光電変換装置用基板、高透過率及び高ヘイズ率を両立させることができる光電変換装置用基板、高透過率、高ヘイズ率、及び低シート抵抗を同時に達成することができる光電変換装置用基板を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の光電変換装置用基板は、基板の少なくとも一部の表面領域上に形成された第1の透明導電層を備え、第1の透明導電層は、基板を露出させる少なくとも1つの開口部を有する。

また、第1の透明導電層は、その表面上に凹凸を有することが好ましい。

また、本発明の光電変換装置用基板は、第1の透明導電層上に、第1の透明導電層の開

口部を被覆する第2の透明導電層をさらに備えることが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、第1の透明導電層が少なくとも1つの開口部を有しており、光は開口部を高い透過率で通過することができる。従って、本発明によれば、第1の透明導電層の膜厚が厚い場合であっても、第1の透明導電層の透過率を実質的に大きくすることができる。また、本発明に係る光電変換装置用基板を用いて光電変換装置を製造すると、その光電変換効率を大きくすることができる。

【0016】

また、第1の透明導電層がその表面上に凹凸を有することにより、第1の透明導電層のヘイズ率を大きくすることができる。従って、この場合、高透過率及び高ヘイズ率を両立させることができる。また、この光電変換装置用基板を用いて光電変換装置を製造すると、その光電変換効率をさらに大きくすることができる。

【0017】

また、本発明の光電変換装置用基板が、第1の透明導電層上に、第1の透明導電層の開口部を被覆する第2の透明導電層をさらに備えることにより、透明導電層全体のシート抵抗を小さくすることができる。また、第2の透明導電層の膜厚を、第1の透明導電層よりも薄く形成することができ、透明導電層全体の透過率の低下を小さくすることができる。従って、この場合、高透過率、高ヘイズ率、及び低シート抵抗を同時に達成することができる。また、この光電変換装置用基板を用いて光電変換装置を製造すると、その光電変換効率をさらに大きくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係る光電変換装置用基板は、基板の少なくとも一部の表面領域上に形成された第1の透明導電層を備え、第1の透明導電層は、基板を露出させる少なくとも1つの開口部を有する。

【0019】

スーパーストレートタイプ構造を有する光電変換装置においては、上記基板として透光性基板が用いられるが、サブストレートタイプ構造を有する光電変換装置においては、上記基板としてステンレスなどの不透光性基板を用いてもよい。以下、スーパーストレートタイプ構造を有する光電変換装置用の基板について説明するが、サブストレートタイプ構造を有する場合でも同様に適用できる。透光性基板の材料として、ガラス、又はポリイミド系やポリビニル系の耐熱性を有する樹脂、さらにはそれらが積層されたもの等、種々のものが使用できる。透光性基板の厚さは、特に限定されるものではないが、構造を支持できる適当な強度や重量を有するようなものであればよい。また、表面に凹凸が形成されていてもよい。さらには、それらの表面に金属膜、透明導電膜、あるいは絶縁膜等を被覆したものであってもよい。

【0020】

第1の透明導電層は、透光性基板の少なくとも一部の表面領域上に形成されていてもよく、透光性基板表面全体上に形成されていてもよい。

【0021】

第1の透明導電層は、透明導電性の材料からなり、例えば、ITO、酸化錫、及び酸化亜鉛等の透明導電性膜を用いるとよい。なお、第1の透明導電層の材料中に微量の不純物が添加されていてもよい。例えば、酸化亜鉛が主成分である場合には、 $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 程度のガリウムやアルミニウムやボロンといった第IIIB族元素、あるいは銅のような第IB族元素が含有されることにより抵抗率が低減するため、電極として使用するのに適している。第1の透明導電層は、スパッタリング法、常圧CVD法、減圧CVD法、MOCVD法、電子ビーム蒸着法、ゾルゲル法、電析法、スプレー法等の公知の方法により作製できる。

## 【0022】

第1の透明導電層は、少なくとも1つの開口部を有する。第1の透明導電層の実質的な透過率を効果的に向上させるため、第1の透明導電層は、複数の開口部を有していることが好ましい。少なくとも1つの開口部は、第1の透明導電層の少なくとも一部の領域に形成されていればよいが、第1の透明導電層全体に均等に分散されていることが好ましい。開口部は、透明導電層を光学顕微鏡等で観察することにより確認することができる。また、「開口部」には、透光性基板が第1の透明導電層側に露出した領域のみならず、第1の透明導電層の膜厚が十分に薄く、本発明の原理により、本発明の目的（実質的な透過率の向上）が達成されるような領域が含まれる。ここで、例えば特開平11-186573の従来技術の項に記載のように、1枚の絶縁基板上に複数の光電変換セルが電氣的に直列接続された集積型構造とするために設けられる透明電極分割溝は、上記開口部には含まれないものとする。より詳細には、上記集積型薄膜光電変換装置において、上記光電変換セル同士の電氣的分離を目的としてレーザースクライブ法等により透明電極が分割されることにより、該透明電極上に絶縁基板が露出する開口部が形成されるが、これは透明電極の透過率向上を目的とするものではないので、本発明の請求範囲には該当しない。

## 【0023】

第1の透明導電層の開口部は、例えば、該第1の透明導電層上に開口部を有するレジストを形成したのち、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等を行うことにより形成することができる。前記レジストとしては、例えばフォトリソグランドなどを用いることができる。また、レジストを形成することなく上記エッチング法を行った場合には、上記第1の透明導電層の表面上に、何らかの凹凸形状が同時に形成される場合が多い。前記ドライエッチング法は、プラズマ放電によりエッチングガスをイオン化またはラジカル化して照射し、物理的または化学的にエッチングする。物理的なエッチングにはエッチングガスとしてArなどの不活性ガスが用いられ、化学的なエッチングにはエッチングガスにフッ素系ガスとしてCF<sub>4</sub>、又はSF<sub>6</sub>など、塩素系ガスとしてCCl<sub>4</sub>、又はSiCl<sub>4</sub>などが用いられる。前記ウェットエッチング法としては、第1の透明導電層を酸またはアルカリ溶液中に浸す方法などを用いることができる。この際、使用できる酸溶液としては塩酸、硫酸、硝酸、フッ酸、酢酸、蟻酸、又は過塩素酸等の1種または2種以上の混合物が挙げられる。アルカリ溶液としては水酸化ナトリウム、アンモニア、水酸化カリウム、水酸化カルシウム、又は水酸化アルミニウム等の1種または2種以上の混合物が挙げられる。

本発明によれば、光は開口部を高い透過率で通過することができるため、第1の透明導電層の膜厚が厚い場合であっても、第1の透明導電層の透過率を実質的に大きくすることができる。

## 【0024】

また、第1の透明導電層は、その表面上に凹凸を有してもよい。この凹凸は、第1の透明導電層と、その上に形成される光電変換層との界面において、光電変換装置内に入射してきた光を屈折・散乱させる。その結果、入射光の光路長が長くなることで光閉込効果を高め、実質的に前記光電変換層で利用できる光量を増やすことができる。

## 【0025】

第1の透明導電層は、開口部を有しているので、第1の透明導電層の膜厚が厚い場合であっても、第1の透明導電層の透過率を実質的に大きくすることができ、かつ、その厚い透明導電層の表面上に凹凸が形成されているので、第1の透明導電層のヘイズ率を大きくすることができる。従って、この場合、高ヘイズ率及び高透過率を両立させることができる。

## 【0026】

第1の透明導電層上に形成される凹凸は、前記開口部の形成と同様に、第1の透明導電層の表面に対するドライエッチング法、又はウェットエッチング法等を用いて形成することができる。

## 【0027】

このような方法で第1の透明導電層をエッチングすると、第1の透明導電層に凹凸が形



成される。エッチングを進めるにつれて、凹凸は次第に大きくなり、最終的に凹部が透光性基板に到達し、第1の透明導電層に開口部が形成される。エッチングの進行の程度は、エッチング時間などによって制御することができる。

#### 【0028】

また、はじめに凹凸形状を形成した後、上述した方法で開口部を形成してもよい。上記のようなエッチング等を行わずに第1の透明導電層に凹凸形状を形成する方法としては、サンドブラストのような機械加工による方法が挙げられる。さらに、CVD等による透明導電膜堆積時に、透明導電膜材料の結晶成長により形成される表面凹凸を利用する方法、結晶成長面が配向しているために規則的な表面凹凸が形成されることを利用する方法、およびゾルゲル法やスプレー法による透明導電膜形成時に結晶粒径に依存した凹凸が形成されることを利用した方法を用いることもできる。

#### 【0029】

また、本実施形態に係る光電変換装置用基板は、第1の透明導電層上に、第1の透明導電層の開口部を被覆する第2の透明導電層をさらに備えてもよい。

#### 【0030】

この場合、透明導電層全体のシート抵抗を小さくすることができる。また、第2の透明導電層の膜厚は、第1の透明導電層よりも薄く形成することができ、透明導電層全体の実質的な透過率の低下を小さくすることができる。また、この場合、第1の透明導電層の開口部での透過率及び開口部以外の部分の凹凸形状を大きく変化させない。従って、この場合、低シート抵抗、高ヘイズ率、及び高透過率を同時に達成することができる。

#### 【0031】

第2の透明導電層は、第1の透明導電層と同様の材料、および製法で形成することができる。

#### 【0032】

なお、第1及び第2の透明導電層は、その合成されたシート抵抗が $5 \sim 25 \Omega/\square$ であることが好ましい。「合成されたシート抵抗」とは、第1及び第2の透明導電層からなる透明導電層全体のシート抵抗を意味する。

ここで、合成されたシート抵抗が $5 \Omega/\square$ 以上であれば、第2の透明導電層の膜厚が十分に薄いので、高い透過率を達成でき、 $25 \Omega/\square$ 以下であれば、シリーズ抵抗が小さくなり、形状因子を高くすることができる。これにより、本実施形態の基板を用いて製造された光電変換装置の光電変換効率が向上する。

#### 【0033】

なお、第1の透明導電層上に、第1の透明導電層の開口部を被覆する金属膜をさらに備えてもよい。

#### 【0034】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態に係る光電変換装置は、第1の実施形態の光電変換装置用基板上に、光電変換層と、裏面電極層とがこの順で積層されている。以下、スーパーストレートタイプ構造を有する光電変換装置について説明するが、サブストレートタイプ構造を有する場合でも同様に適用できる。

#### 【0035】

第1の実施形態の基板上に、光電変換層を形成しているので、光電変換層に入射する光の量を増加させることができ、光電変換装置の短絡電流密度を向上させることができる。

#### 【0036】

光電変換層は、第1の実施形態の光電変換装置用基板上に形成される。光電変換層は、通常、p型半導体層およびn型半導体層を有するpn接合、もしくはp型半導体層、真性(i型)半導体層、およびn型半導体層を有するpin接合により形成されるが、p型半導体層とn型半導体層のどちらか一方のみを有するショットキー接合やその他公知の半導体接合により形成されていてもよい。また、前記真性半導体層は、光電変換機能を損なわない限り、弱いp型またはn型の導電型を示すものであってもよい。

## 【0037】

上述の各半導体層を構成する材料としては、シリコン等の元素半導体、シリコンに炭素やゲルマニウムまたはその他の不純物が添加されたシリコン合金、ガリウム砒素やリン化インジウムなどのIII-V族化合物半導体、テルル化カドミウムや硫化カドミウムなどのI-IV族化合物半導体、銅-インジウム-ガリウム-セレンなどの多元系化合物半導体、酸化チタン等の多孔質膜に色素等を吸着させたものなどが挙げられる。これらの製法としては、MBE法、CVD法、蒸着法、近接昇華法、スパッタ法、ゾルゲル法、スプレー法、スクリーン印刷法等の公知の作製方法を半導体材料に応じて適宜用いることができる。上記CVD法としては、常圧CVD、減圧CVD、プラズマCVD、熱CVD、ホットワイヤーCVD、MOCVD法等が挙げられる。

## 【0038】

光電変換層が水素化微結晶シリコンを用いて形成されたp-i-n接合からなる場合を例にあげて、光電変換層の形成方法について説明する。なお、水素化微結晶シリコンとは、結晶シリコン薄膜をプラズマCVD法などの非平衡プロセスを用いて低温で作製した場合、結晶粒径が小さく(数十から千Å程度)、アモルファスシリコンとの混合相になる場合が多いが、このような状態の薄膜を総称したものである。

## 【0039】

光電変換層は、p型半導体層及びi型半導体層及びn型半導体層から成り、光入射側からp-i-nの順に堆積し、形成する。ここで、n-i-pの順に堆積して形成することも可能である。p型半導体層は、水素化微結晶シリコン半導体に、ボロン、アルミニウム等のp導電型となる不純物原子がドーパされたものである。i型半導体層は、特に不純物を添加していない水素化微結晶シリコン半導体である。ただし、実質的に真性半導体であれば、少量の不純物元素が含まれていてもよい。n型半導体層は、上記半導体層に、リン、窒素、酸素等のn導電型となる不純物原子がドーパされたものである。ここで、上述の各半導体層は、炭素やゲルマニウムなどの元素を添加して禁制帯幅を変化させたシリコン合金を適宜用いてもよい。

## 【0040】

また、i型半導体層(光活性層)の膜厚は、特に限定されるものではないが、光電変換機能を損なわないことおよび製造コストを低減することの各観点から、 $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 程度が望ましい。p型半導体層及びn型半導体層は光活性層ではないため、その膜厚は、光電変換機能を損なわない範囲で薄いほうがよい、したがって、特に限定されるものではないが、 $100\text{nm}$ 以下が望ましい。

## 【0041】

裏面電極層は、導電層が少なくとも1層以上あればよく、光反射率が大きく導電率が高い程好ましい。これらを満たす材料として、光反射率の高い銀、アルミニウム、チタン、パラジウム等の金属材料やその合金が用いられ、CVD法、スパッタリング法、真空蒸着法、電子ビーム蒸着法、スプレー法、スクリーン印刷法等により光電変換層の上に形成される。

また、裏面電極層は、光電変換層上に順次積層された裏面透明導電層と、導電層からなることが好ましい。裏面透明導電層を備えることにより、入射光に対する光閉じ込め向上効果や光反射率向上効果が得られ、さらに、導電層中に含まれる元素の光電変換層への拡散を抑制することができる。

このように、裏面電極層は、光電変換層で吸収しきれなかった光を反射して、再度光電変換層に戻すことで光電変換効率を向上させることが期待できる。ただし、本発明をサブストレートタイプ構造に適用する場合には、前記裏面電極層として、櫛形など表面を様に覆わないグリッド形状であることが望ましい。

## 【0042】

以上の構成により、第1の実施形態の光電変換装置用基板を用いた、光電変換効率の高い光電変換装置を得ることができる。

## 【0043】

(第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態に係る積層型光電変換装置は、第 1 の実施形態の光電変換装置用基板上に、複数の光電変換層と、裏面電極層とがこの順で積層される。以下、スーパーストレートタイプ構造を有する積層型光電変換装置について説明するが、サブストレートタイプ構造を有する場合でも同様に適用できる。

【0044】

本実施形態に係る積層型光電変換装置は、複数の光電変換層を有するので、各光電変換層に幅広い光スペクトル領域を分割して受光させることができ、光の有効活用ができる。また、開放端電圧が各光電変換層での起電力の和となるので、開放端電圧が高くなる。

【0045】

また、本実施形態に係る積層型光電変換装置は、隣接する 2 つの光電変換層（入射側から第 1 の光電変換層、第 2 の光電変換層と呼ぶ。）の少なくとも 1 組に挟持された第 1 の中間層を備えてもよい。

【0046】

第 1 の中間層は、第 1 の中間層に達した光の一部を反射し、残りの光を透過させるため、第 1 の中間層よりも光入射側の光電変換層（第 1 の光電変換層）への入射光量を増加させ、第 1 の光電変換層での光電流を増加させることができる。

【0047】

また、第 1 及び第 2 の光電変換層の異なる導電型の半導体層（例えば、第 1 の光電変換層の n 型半導体層と、第 2 の光電変換層の p 型半導体層）が直接接触すると、オーミックなコンタクト特性が得られ難くなる現象が生じる場合があるが、中間層を介して第 1 及び第 2 の光電変換層を接触させることにより、係る現象の発生を防ぐことができる。また、第 1 の中間層は、第 1 の光電変換層を保護し、第 2 の光電変換層を形成する際に、第 1 の光電変換層がダメージを受けるのを抑制することができる。これらの効果により、積層型光電変換装置の光電変換効率が向上する。

【0048】

第 1 の中間層に望まれる特性としては、少なくとも第 1 の中間層より裏面電極層側の光電変換層（第 2 の光電変換層）が光吸収可能な波長領域において光吸収係数が小さいこと、および大きな直列抵抗を生じない程度の電気伝導率を有していることの 2 つであり、この条件を満たす材料を用いることが望ましい。

【0049】

第 1 の中間層は、例えば、第 1 又は第 2 の透明導電層と同様の材料及び製法を用いて形成することができる。また、第 1 の中間層上には、複数の凹凸が形成されていることが好ましい。

【0050】

第 1 の中間層は、第 1 の中間層を挟持する 1 組の光電変換層が互いに接触するような、少なくとも 1 つの開口部を有することが好ましい。第 1 の中間層の開口部は、透明導電層を光学顕微鏡等で観察することにより確認することができる。また、「開口部」には、第 1 の光電変換層が第 2 の光電変換層側に露出した領域のみならず、第 1 の中間層の膜厚が十分に薄く、本発明の原理により、本発明の目的（実質的な透過率の向上）が達成されるような領域が含まれる。

【0051】

第 1 の中間層の平均膜厚は、5 ～ 500 nm であることが好ましく、より好ましくは 10 ～ 200 nm である。なぜなら、第 1 の中間層の平均膜厚が 5 nm 以上の場合に、中間層の効果が表れ、500 nm 以下の場合に、高い透過率が達成できるからである。これにより、光電変換効率が向上する。

【0052】

第 1 の中間層の開口部は、第 1 の透明導電層の開口部と同様の方法を用いて形成することができる。第 1 の中間層の開口部を通過する光は、第 1 の中間層による光損失の影響を受けないので、第 2 の光電変換層に導かれる光量が増加する。すなわち、第 1 の中間層の

実質的な透過率が向上するので、第2の光電変換層で利用できる光量がさらに増加する。したがって、光電変換装置の光電流が増加して光電変換効率を向上させることができる。

また、本実施形態の積層型光電変換装置は、第1の中間層とその上の光電変換層（第2の光電変換層）との間に、第1の中間層の開口部を被覆する第2の中間層をさらに備えることが好ましい。

#### 【0053】

第2の中間層は、例えば、第1又は第2の透明導電層と同様の材料及び製法を用いて形成することができる。第2の中間層を設けることにより、中間層全体のシート抵抗を低減させることができる。また、第1及び第2の光電変換層の異なる導電型の半導体層（例えば、第1の光電変換層のn型半導体層と、第2の光電変換層のp型半導体層）が直接接触して、オーミックなコンタクト特性が得られ難くなる現象を防ぐことができる。また、第2の中間層は、第1の光電変換層を保護し、第2の光電変換層を形成する際に、第1の光電変換層がダメージを受けるのを抑制することができる。これらの効果により、積層型光電変換装置の光電変換効率が向上する。

#### 【0054】

第2の中間層の膜厚は、第1の中間層の開口部での透過率及び開口部以外の部分の凹凸形状を大きく変化させないように、第1の中間層の膜厚より薄くすることが望ましい。また、第2の中間層の表面にも凹凸が存在するのがより好ましい。

#### 【0055】

第1及び第2の中間層の表面に形成されている凹凸は、第1及び第2の光電変換層の界面において、第1の光電変換層を透過してきた光を屈折・散乱させる。その結果、光路長が長くなることで光閉込効果を高め、実質的に第1及び第2の光電変換層で利用できる光量を増やすことができる。

#### 【0056】

第2の光電変換層は、第1又は第2の中間層の上に形成される。第2の光電変換層は、第2の実施形態での光電変換層と同様の方法で形成することができる。

#### 【0057】

裏面電極層は、第2の光電変換層上に形成される。裏面電極層は、第2の実施形態で示したのと同様の方法で形成することができる。

#### 【0058】

以上の構成により、光電変換効率の高い積層型光電変換装置を得ることができる。

#### 【0059】

以下、本発明の実施例を説明する。

尚、本実施例では光電変換装置の例として、スーパーストレート型の水素化微結晶シリコン光電変換装置および水素化アモルファスシリコン／水素化微結晶シリコン積層型光電変換装置を挙げて説明する。

#### 【実施例1】

#### 【0060】

図1は、本発明の実施例1に係る光電変換装置用基板1を示す断面図である。光電変換装置用基板1は、透光性基板3の少なくとも一部の表面領域上に形成された第1の透明導電層5を備え、第1の透明導電層5は、透光性基板を露出させる少なくとも1つの開口部7を有する。また、第1の透明導電層5は、その表面上に凹凸9を有する。

#### 【0061】

以下、図1を用いて、光電変換装置用基板1の製造方法について説明する。

まず、表面が平滑なガラス基板からなる透光性基板3上に、酸化亜鉛を厚さ800nmとなるようにマグネトロンスパッタリング法により基板温度200℃で堆積し、第1の透明導電層5を形成した。

次に、第1の透明導電層5表面のエッチングを行った。第1の透明導電層5を液温25℃の0.5%塩酸水溶液に150秒浸した後、第1の透明導電層5の表面を純水で十分に洗浄し、乾燥させた。エッチング後の第1の透明導電層5のシート抵抗は $22\Omega/\square$ 、膜

厚は300 nmであり、波長550 nmの光に対する透過率は85%、ヘイズ率は71%であった。また、第1の透明導電層5の表面形状を詳細に調べるため、光学顕微鏡により表面形状を観察した。その結果、第1の透明導電層5では透光性基板3が第1の透明導電層5側に露出した開口部7が点在していることが分かった。

#### 【実施例2】

##### 【0062】

図2は、本発明の実施例2に係る光電変換装置用基板21を示す断面図である。実施例1との違いは、第1の透明導電層5上に、第1の透明導電層5の開口部7を被覆する第2の透明導電層11が形成されていることである。

##### 【0063】

実施例1と同様にして第1の透明導電層5まで形成した後、第1の透明導電層5上にマグネトロンスパッタリング法により基板温度200℃で、酸化亜鉛を厚さ80 nmとなるように堆積し、第2の透明導電層11を形成した。

##### 【0064】

第2の透明導電層11を形成した後の透明導電層全体のシート抵抗は $15 \Omega/\square$ であり、波長550 nmの光に対する透過率は85%、ヘイズ率は70%であった。実施例1と比較すると、シート抵抗は低下し、透過率及びヘイズ率はほとんど変わらないことが分かった。

##### 【0065】

透明導電層の表面形状を詳細に調べるため、光学顕微鏡および原子間力顕微鏡により表面形状を観察した。その結果、第2の透明導電層11が第1の透明導電層5の開口部7を被覆していることが分かった。

#### 【実施例3】

##### 【0066】

図3は、本発明の実施例3に係る光電変換装置31を示す断面図である。光電変換装置31では、実施例1で得られた光電変換装置用基板1上に、光電変換層13と、裏面電極層15とがこの順で積層されている。光電変換層13では、p型半導体層13a、i型半導体層13b、及びn型半導体層13cがこの順で積層されている。裏面電極層15では、裏面透明導電層15a及び導電層15bがこの順で積層されている。

##### 【0067】

以下、図3を用いて、光電変換装置31の製造方法について説明する。

まず、実施例1で得られた光電変換装置用基板1の上に、プラズマCVD法により、原料ガスに $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{B}_2\text{H}_6$ を用い、p導電型不純物原子であるボロンが0.02原子%ドーピングされるようにp型微結晶シリコン層を厚さ20 nmで堆積して、p型半導体層13aを形成した。次に、原料ガスに $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ を用いてi型微結晶シリコン層を厚さ2.5  $\mu\text{m}$ で堆積して、i型半導体層13bを形成した。次に、原料ガスに $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{PH}_3$ を用い、n導電型不純物原子であるリンが0.2原子%ドーピングされるようにn型アモルファスシリコン層を厚さ25 nmで堆積して、n型半導体層13cを形成した。これにより、光電変換層13が形成された。製膜時の基板温度は各々の層において200℃とした。

##### 【0068】

次に、光電変換層13上に、マグネトロンスパッタリング法により酸化亜鉛を厚さ50 nmで堆積して裏面透明導電層15aを形成し、さらに、銀を厚さ500 nmで堆積して導電層15bを形成し、2層を合わせて裏面電極層15とした。以上の工程により、透光性基板3側から光を入射する光電変換装置31を製造した。

##### 【0069】

得られた光電変換装置31のAM1.5 ( $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積 $1 \text{ cm}^2$ の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は $26.6 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は0.52 V、形状因子は70.1%、光電変換効率は9.7%であった。

#### 【実施例4】

## 【0070】

図4は、本発明の実施例4に係る光電変換装置41を示す断面図である。光電変換装置41は、実施例2で得られた基板21上に、実施例3と同じ条件で光電変換層13と、裏面電極層15とを積層して、製造した。

## 【0071】

得られた光電変換装置41のAM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $26.5\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $0.53\text{ V}$ 、形状因子は  $73.0\%$ 、光電変換効率は  $10.3\%$  であった。

## 【実施例5】

## 【0072】

図5は、本発明の実施例5に係る積層型光電変換装置51を示す断面図である。積層型光電変換装置51では、実施例1で得られた光電変換装置用基板1上に、第1の光電変換層23と、第2の光電変換層25と、裏面電極層15とがこの順で積層されている。

## 【0073】

以下、図5を用いて、積層型光電変換装置51の製造方法について説明する。

まず、実施例1で得られた光電変換装置用基板1の上に、プラズマCVD法により、原料ガスに  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{B}_2\text{H}_6$  を用い、p導電型不純物原子であるボロンが  $0.2$  原子% ドープされるようにp型微結晶シリコン層を厚さ  $15\text{ nm}$  で堆積して、p型半導体層23aを形成した。次に、原料ガスに  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$  を用いてi型微結晶シリコン層を厚さ  $300\text{ nm}$  で堆積して、i型半導体層23bを形成した。次に、原料ガスに  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{PH}_3$  を用い、n導電型不純物原子であるリンが  $0.2$  原子% ドープされるようにn型アモルファスシリコン層を厚さ  $25\text{ nm}$  で堆積して、n型半導体層23cを形成した。これにより、第1の光電変換層23が形成された。製膜時の基板温度は各々の層において  $200^\circ\text{C}$  とした。

## 【0074】

次に、実施例3で光電変換層13を形成したのと同じ条件で、第2の光電変換層25を形成した。さらに、実施例3と同じ条件で、裏面電極層15を形成した。

## 【0075】

以上の工程により、透光性基板3側から光を入射する積層型光電変換装置51を製造した。

## 【0076】

得られた積層型光電変換装置51のAM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.1\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.35\text{ V}$ 、形状因子は  $71.8\%$ 、光電変換効率は  $12.7\%$  であった。

## 【実施例6】

## 【0077】

図6は、本発明の実施例6に係る積層型光電変換装置61を示す断面図である。実施例5との違いは、第1及び第2の光電変換層23、25の間に第1の中間層27が形成されている点である。

## 【0078】

以下、図6を用いて、積層型光電変換装置61の製造方法について説明する。

まず、実施例5と同じ方法で、第1の光電変換層23まで形成した。

次に、マグネトロンスパッタリング法により基板温度  $200^\circ\text{C}$  で、酸化亜鉛を厚さ  $100\text{ nm}$  で堆積して第1の中間層27を形成した。

次に、実施例5と同じ方法で、第2の光電変換層25及び裏面電極層15を形成した。

以上の工程により、透光性基板3側から光を入射する積層型光電変換装置61を製造した。

## 【0079】

得られた積層型光電変換装置 61 の AM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.3\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.38\text{ V}$ 、形状因子は  $73.1\%$ 、光電変換効率は  $13.4\%$  であった。

#### 【実施例 7】

##### 【0080】

図 7 は、本発明の実施例 7 に係る積層型光電変換装置 71 を示す断面図である。実施例 6 との違いは、第 1 の中間層 27 は、第 1 及び第 2 の光電変換層 23、25 が互いに接触するような少なくとも 1 つの開口部 29 を有する点である。

##### 【0081】

以下、図 7 を用いて、積層型光電変換装置 71 の製造方法について説明する。

まず、実施例 5 と同じ方法で、第 1 の光電変換層 23 まで形成した。

次に、マグネトロンスパッタリング法により基板温度  $200^\circ\text{C}$  で、酸化亜鉛を厚さ  $200\text{ nm}$  で堆積して第 1 の中間層 27 を形成した。

次に、第 1 の中間層 27 の表面のエッチングを、実施例 1 の第 1 の透明導電層 5 のエッチングと同様の方法で行うことにより、開口部 29 を形成した。ただし、エッチング時間は、 $20$  秒である。こうして得られた第 1 の中間層 27 の表面形状を詳細に調べるため、光学顕微鏡および原子間力顕微鏡により表面形状を観察した。その結果、第 1 の中間層 27 には第 1 の光電変換層 23 が露出した開口部 29 が点在していることが分かった。また、第 1 の中間層 27 表面には、凹凸 28 が形成されている。

次に、実施例 5 と同じ方法で、第 2 の光電変換層 25 及び裏面電極層 15 を形成した。

##### 【0082】

以上の工程により、透光性基板 3 側から光を入射する積層型光電変換装置 71 を製造した。

##### 【0083】

得られた積層型光電変換装置 71 の AM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.7\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.37\text{ V}$ 、形状因子は  $72.9\%$ 、光電変換効率は  $13.7\%$  であった。

#### 【実施例 8】

##### 【0084】

図 8 は、本発明の実施例 8 に係る積層型光電変換装置 81 を示す断面図である。実施例 7 との違いは、第 1 の中間層 27 と、第 2 の光電変換層 25 との間に、第 1 の中間層 27 の開口部 29 を被覆する第 2 の中間層 33 が形成されていることである。

##### 【0085】

以下、図 8 を用いて、積層型光電変換装置 81 の製造方法について説明する。

まず、実施例 7 と同じ方法で、第 1 の中間層 27 を形成し、第 1 の中間層 27 をエッチングすることにより、開口部 29 を形成するまでの工程を行った。

次に、第 2 の透明導電層 11 と同様の製法で酸化亜鉛を厚さ  $15\text{ nm}$  で堆積して第 2 の中間層 33 を形成した。

ここで、第 2 の中間層 33 の表面形状を詳細に調べるため、光学顕微鏡および原子間力顕微鏡により表面形状を観察した。その結果、第 2 の中間層 33 は、第 1 の中間層 27 の開口部 29 を被覆していることが分かった。

次に、実施例 5 と同じ方法で、第 2 の光電変換層 25 及び裏面電極層 15 を形成した。

以上の工程により、透光性基板 3 側から光を入射する積層型光電変換装置 81 を製造した。

##### 【0086】

得られた積層型光電変換装置 81 の AM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.6\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.39\text{ V}$ 、形状因子は  $73.6\%$ 、光電変換効率は  $13.9\%$



であった。

#### 【実施例 9】

##### 【0087】

図 9 は、本発明の実施例 9 に係る積層型光電変換装置 91 を示す断面図である。実施例 5 との違いは、本実施例では、実施例 2 で得られた基板上に、第 1 の光電変換層 23 と、第 2 の光電変換層 25 と、裏面電極層 15 とがこの順で積層されている点である。

##### 【0088】

第 1 の光電変換層 23、第 2 の光電変換層 25、及び裏面電極層 15 は、実施例 5 と同様の方法で形成した。これにより、透光性基板 3 側から光を入射する積層型光電変換装置 91 を製造した。

##### 【0089】

得られた積層型光電変換装置 91 の AM1.5 ( $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1 \text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.0 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.36 \text{ V}$ 、形状因子は  $72.8\%$ 、光電変換効率は  $12.9\%$  であった。

#### 【実施例 10】

##### 【0090】

図 10 は、本発明の実施例 10 に係る積層型光電変換装置 101 を示す断面図である。実施例 6 との違いは、本実施例では、実施例 2 で得られた基板上に、第 1 の光電変換層 23 と、第 1 の中間層 27 と、第 2 の光電変換層 25 と、裏面電極層 15 とがこの順で積層されている点である。

##### 【0091】

第 1 の光電変換層 23、第 2 の光電変換層 25、第 1 の中間層 27、及び裏面電極層 15 は、実施例 6 と同様の方法で形成した。これにより、透光性基板 3 側から光を入射する積層型光電変換装置 101 を製造した。

##### 【0092】

得られた積層型光電変換装置 101 の AM1.5 ( $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1 \text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.2 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.39 \text{ V}$ 、形状因子は  $73.5\%$ 、光電変換効率は  $13.5\%$  であった。

#### 【実施例 11】

##### 【0093】

図 11 は、本発明の実施例 11 に係る積層型光電変換装置 111 を示す断面図である。実施例 7 との違いは、本実施例では、実施例 2 で得られた基板上に、第 1 の光電変換層 23 と、開口部 29 を有する第 1 の中間層 27 と、第 2 の光電変換層 25 と、裏面電極層 15 とがこの順で積層されている点である。

##### 【0094】

第 1 の光電変換層 23、第 2 の光電変換層 25、開口部 29 を有する第 1 の中間層 27、及び裏面電極層 15 は、実施例 7 と同様の方法で形成した。これにより、透光性基板 3 側から光を入射する積層型光電変換装置 111 を製造した。

##### 【0095】

得られた積層型光電変換装置 111 の AM1.5 ( $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1 \text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.6 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.38 \text{ V}$ 、形状因子は  $73.4\%$ 、光電変換効率は  $13.8\%$  であった。

#### 【実施例 12】

##### 【0096】

図 12 は、本発明の実施例 12 に係る積層型光電変換装置 121 を示す断面図である。実施例 8 との違いは、本実施例では、実施例 2 で得られた基板上に、第 1 の光電変換層 23 と、開口部 29 を有する第 1 の中間層 27 と、第 2 の中間層 33 と、第 2 の光電変換層



25と、裏面電極層15とがこの順で積層されている点である。

【0097】

第1の光電変換層23、第2の光電変換層25、開口部29を有する第1の中間層27、第2の中間層33及び裏面電極層15は、実施例8と同様の方法で形成した。これにより、透光性基板3側から光を入射する積層型光電変換装置121を製造した。

【0098】

得られた積層型光電変換装置121のAM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $13.5\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.41\text{ V}$ 、形状因子は  $74.3\%$ 、光電変換効率は  $14.1\%$  であった。

【0099】

(比較例1)

比較例1と実施例1の違いは、比較例1では、第1の透明導電層5に開口部7が形成されておらず、表面凹凸9だけが存在する点である。

【0100】

比較例1に係る光電変換装置用基板は、第1の透明導電層5を、その膜厚が  $500\text{ nm}$  となるように形成した点、及び塩酸水溶液でのエッチング時間を  $90\text{ 秒}$  とした点を除いては、実施例1と同様の方法で製造した。

【0101】

この場合、第1の透明導電層5の平均膜厚は  $380\text{ nm}$ 、シート抵抗は  $15\ \Omega/\square$ 、波長  $550\text{ nm}$  の光に対する透過率は  $80\%$ 、ヘイズ率が  $45\%$  であり、開口部7は存在しなかった。

【0102】

(比較例2)

比較例2と実施例3の違いは、比較例2では、比較例1で得られた基板上に光電変換層13と、裏面電極層15とがこの順で積層されている点である。

光電変換層13及び裏面電極層15の形成方法は、実施例3と同様である。

【0103】

得られた光電変換装置のAM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $23.5\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $0.52\text{ V}$ 、形状因子は  $71.0\%$ 、光電変換効率は  $8.1\%$  であった。

【0104】

(比較例3)

比較例3と実施例6との違いは、比較例3では、比較例1で得られた基板上に、第1の光電変換層23、第1の中間層27、第2の光電変換層25、及び裏面電極層15とがこの順で積層されている点である。

第1の光電変換層23、第1の中間層27、第2の光電変換層25、及び裏面電極層15の形成方法は、実施例6と同様である。

【0105】

得られた積層型光電変換装置のAM1.5 ( $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ ) 照射条件下におけるセル面積  $1\text{ cm}^2$  の電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は  $11.8\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、開放端電圧は  $1.38\text{ V}$ 、形状因子は  $73.2\%$ 、光電変換効率は  $11.9\%$  であった。

【0106】

(考察)

光電変換装置用基板においては、従来の光電変換装置用基板である比較例1の場合より、実施例1の方が高いヘイズ率が実現できると共に高い透過率が得られている。一方、シート抵抗はやや増加してしまっているが、 $25\ \Omega/\square$  以下であるため光電変換装置用基板として望ましい特性を有している。

また、実施例2は、実施例1の高いヘイズ率および高い透過率を実現した状態で、さら

にシート抵抗を低減できていることがわかる。

したがって、比較例 1 の場合より、実施例 1 および 2 のいずれの場合においても光電変換装置用基板として望ましい特性を有していることが明らかになった。

#### 【0107】

また、表 1 は上述の比較例 2～3、実施例 3～12 の光電変換装置の光電変換特性をまとめた結果である。光電変換層を 1 つ備える光電変換装置においては、表 1 より、従来の光電変換装置用基板を用いた比較例 2 の構造の場合より、実施例 3 および 4 の構造の方が、いずれの場合においても高い短絡電流密度が得られたことにより、光電変換効率を向上させることができた。複数の光電変換層を備える積層型光電変換装置においても同様に、表 1 より、従来の光電変換装置用基板および中間層を用いた比較例 3 の構造の場合より、実施例 5～12 の構造の方が、いずれの場合においても高い短絡電流密度が得られたことにより、光電変換効率を向上させることができた。

【表 1】

	短絡電流(mA/cm <sup>2</sup> )	開放端電圧(V)	形状因子(%)	変換効率(%)
実施例 3	26.6	0.52	70.1	9.7
実施例 4	26.5	0.53	73.0	10.3
実施例 5	13.1	1.35	71.8	12.7
実施例 6	13.3	1.38	73.1	13.4
実施例 7	13.7	1.37	72.9	13.7
実施例 8	13.6	1.39	73.6	13.9
実施例 9	13.0	1.36	72.8	12.9
実施例 10	13.2	1.39	73.5	13.5
実施例 11	13.6	1.38	73.4	13.8
実施例 12	13.5	1.41	74.3	14.1
比較例 2	23.5	0.52	71.0	8.1
比較例 3	11.8	1.38	73.2	11.9

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0108】

- 【図 1】本発明の実施例 1 に係る光電変換装置用基板を示す断面図である。
- 【図 2】本発明の実施例 2 に係る光電変換装置用基板を示す断面図である。
- 【図 3】本発明の実施例 3 に係る光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 4】本発明の実施例 4 に係る光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 5】本発明の実施例 5 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 6】本発明の実施例 6 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 7】本発明の実施例 7 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 8】本発明の実施例 8 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 9】本発明の実施例 9 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 10】本発明の実施例 10 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 11】本発明の実施例 11 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。
- 【図 12】本発明の実施例 12 に係る積層型光電変換装置を示す断面図である。

#### 【符号の説明】

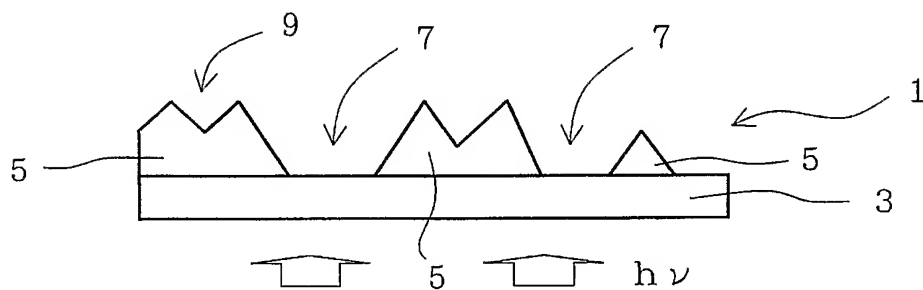
##### 【0109】

- 1、21 光電変換装置用基板
- 31、41 光電変換装置
- 51、61、71、81、91、101、111、121 積層型光電変換装置
- 3 透光性基板
- 5 第 1 の透明導電層
- 7 開口部
- 9 凹凸
- 11 第 2 の透明導電層

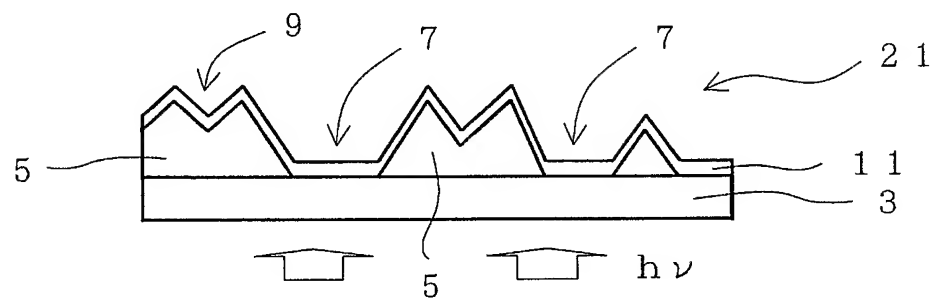
- 1 3 光電変換層
- 1 3 a p 型半導体層
- 1 3 b i 型半導体層
- 1 3 c n 型半導体層
- 1 5 裏面電極層
- 1 5 a 裏面透明導電層
- 1 5 b 導電層
- 2 3 第 1 の光電変換層
- 2 5 第 2 の光電変換層
- 2 7 第 1 の中間層
- 2 8 凹凸
- 2 9 開口部
- 3 3 第 2 の中間層 3 3

【書類名】 図面

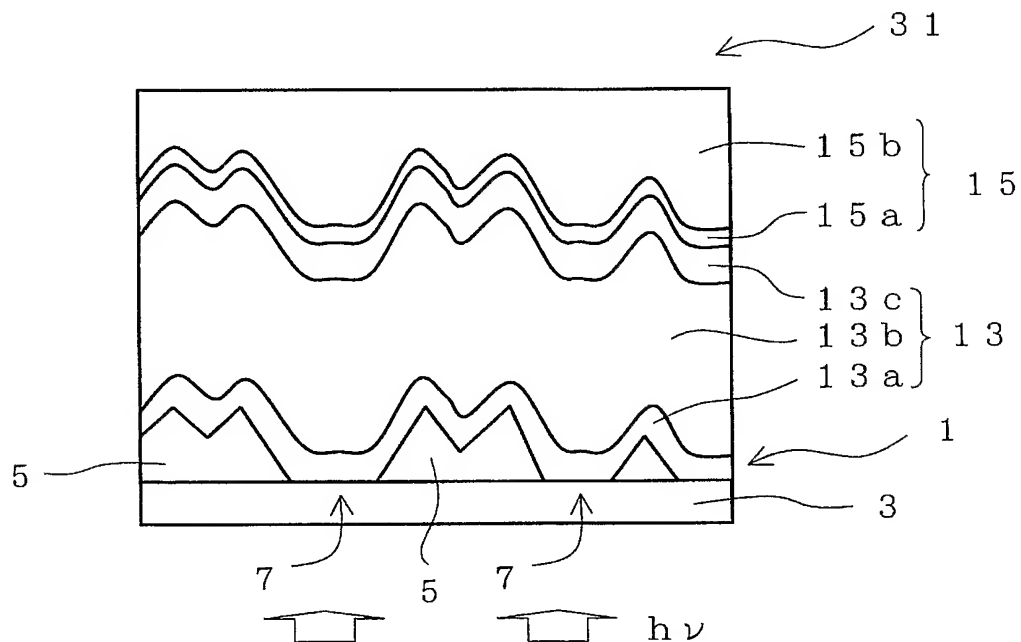
【図 1】



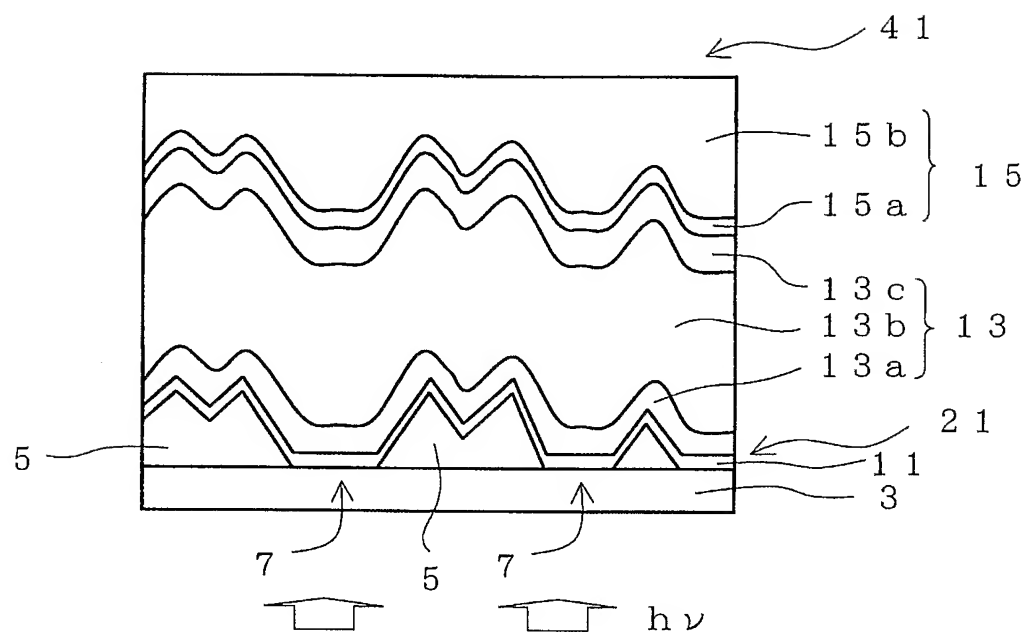
【図 2】



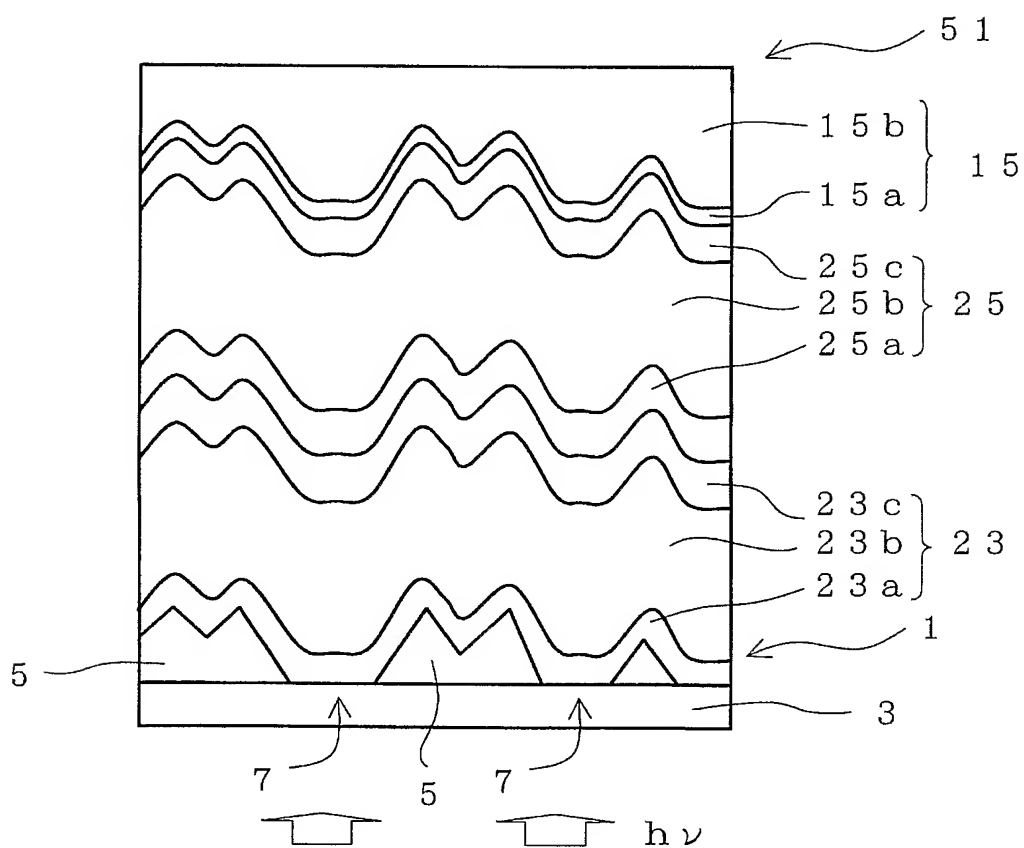
【図 3】



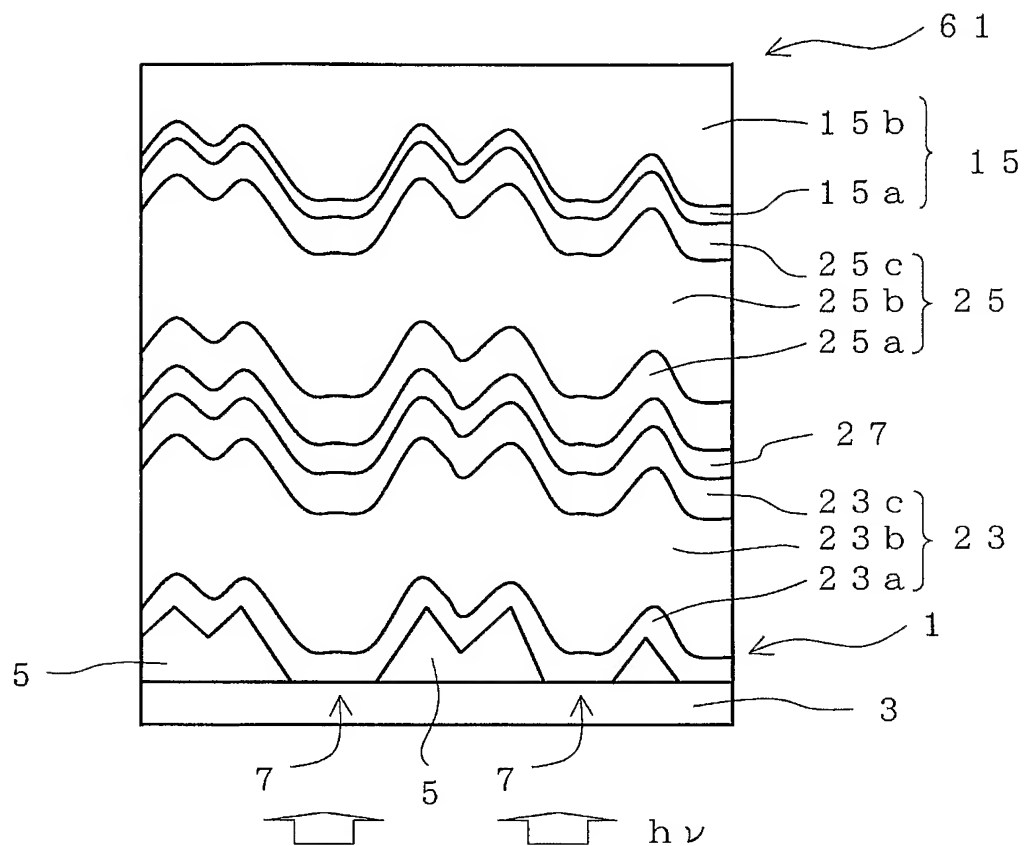
【図 4】



【図 5】

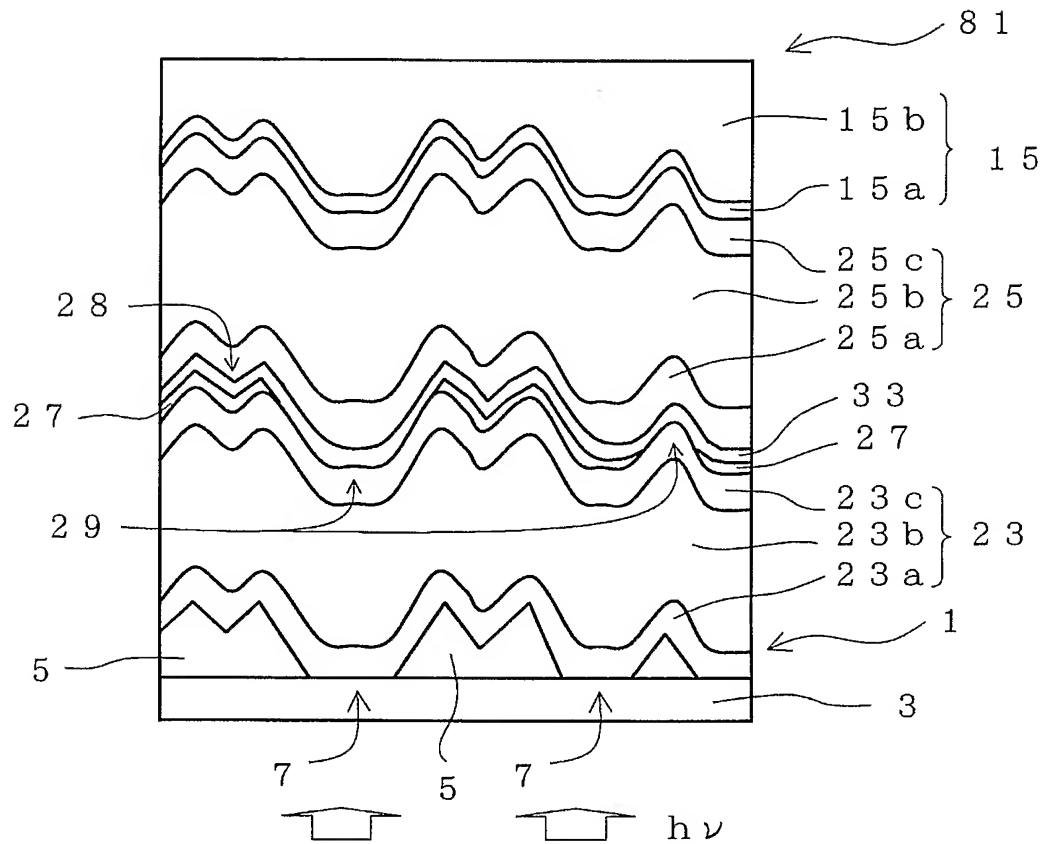


【図 6】



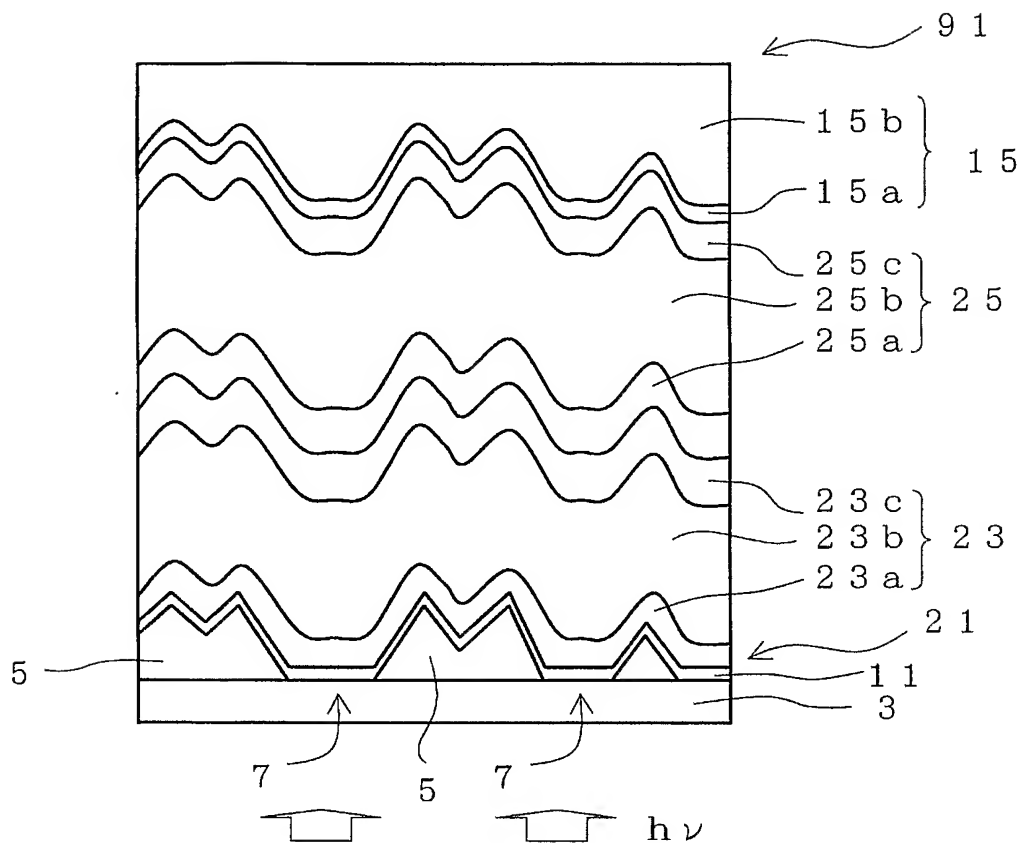


【図 8】

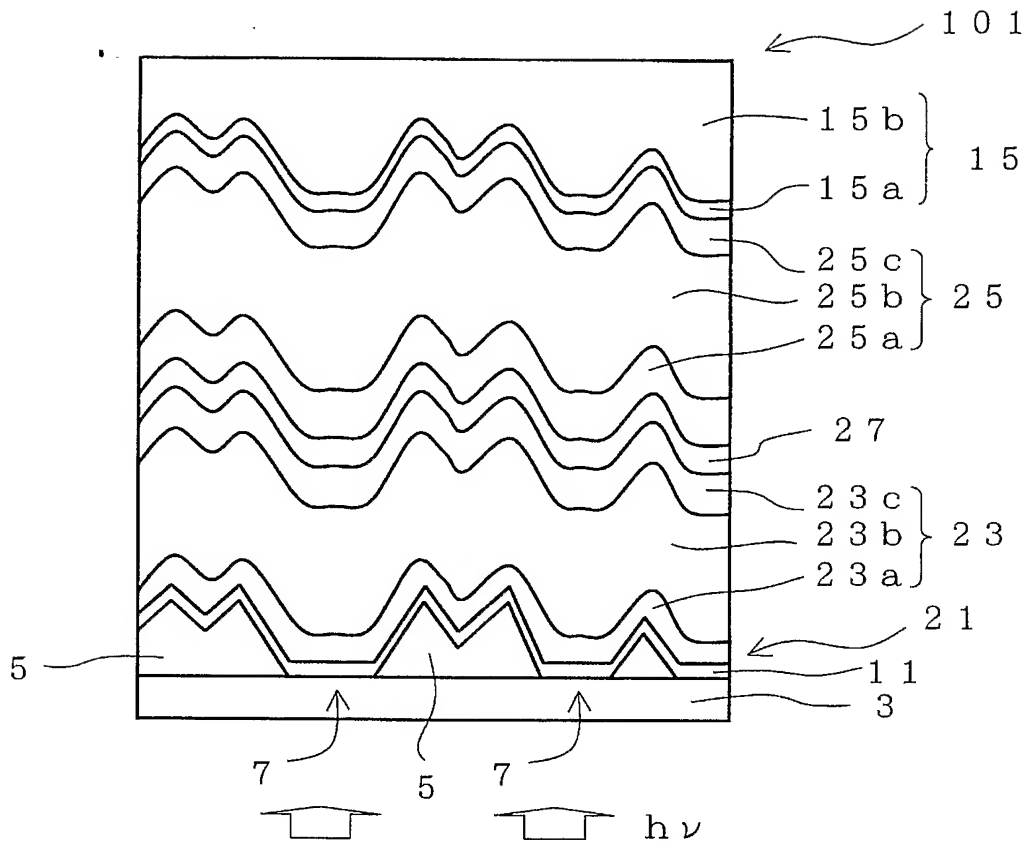




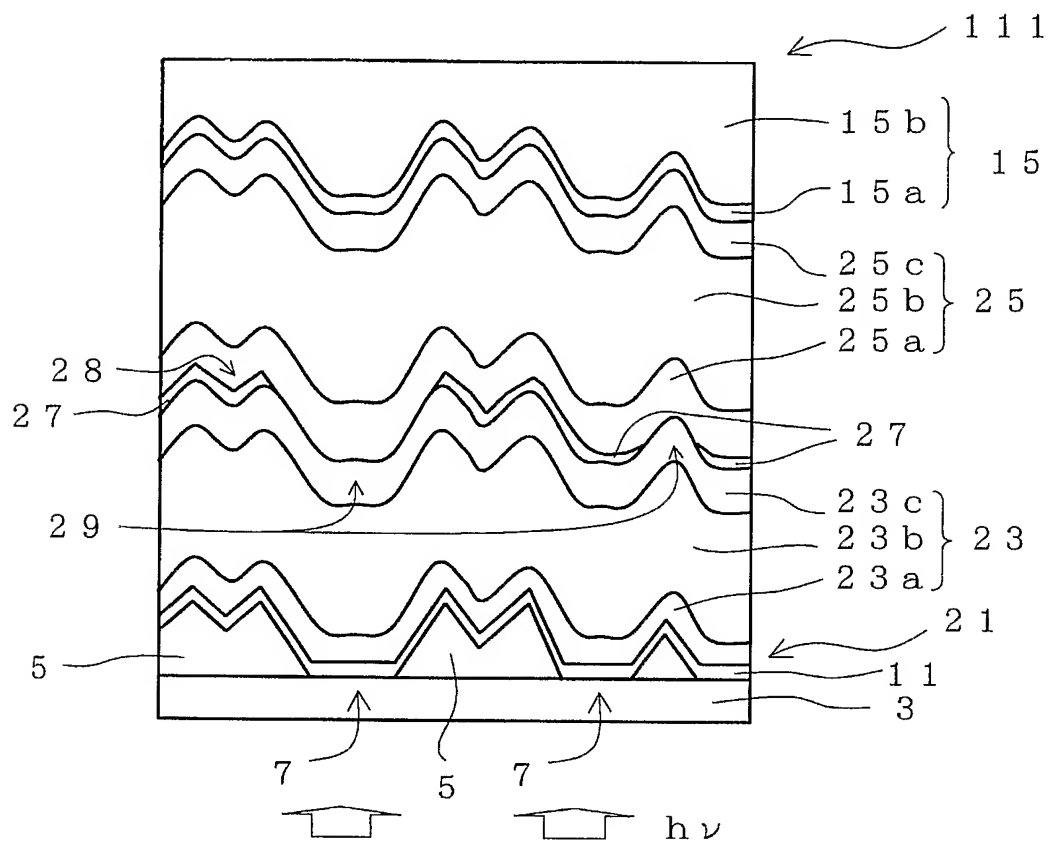
【図 9】



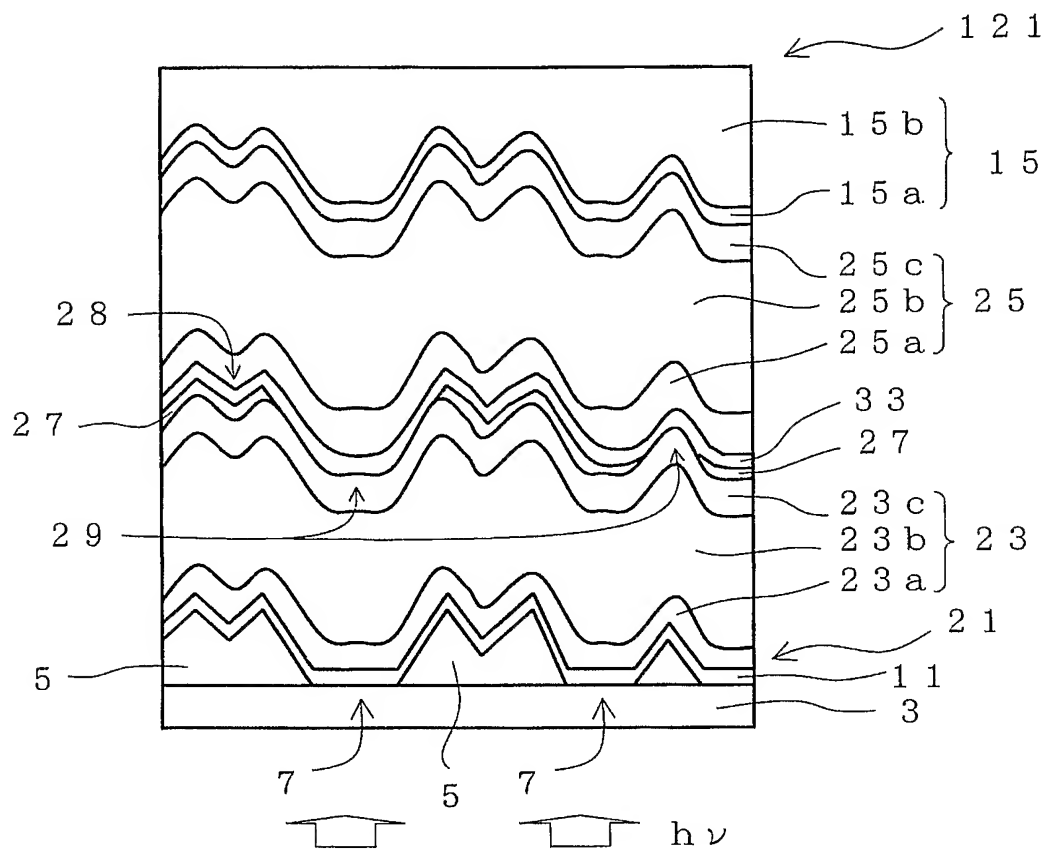
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 透明導電層の膜厚が厚い場合であっても高透過率を確保できる光電変換装置用基板を提供すること。

【解決手段】 本発明の光電変換装置用基板 1 は、透光性基板 3 の少なくとも一部の表面領域上に形成された第 1 の透明導電層 5 を備え、第 1 の透明導電層 5 は、少なくともその一部において透光性基板 3 を露出させる少なくとも 1 つの開口部 7 を有する。

本発明によれば、第 1 の透明導電層 5 が少なくとも 1 つの開口部 7 を有しており、光は開口部 7 を高い透過率で通過することができる。従って、第 1 の発明によれば、第 1 の透明導電層 5 の膜厚が厚い場合であっても、第 1 の透明導電層 5 の透過率を実質的に大きくすることができる。さらに、第 1 の発明に係る光電変換装置用基板 1 を用いて光電変換装置を製造すると、その光電変換効率を大きくすることができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 . 4 4 8 6 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 0 4 9 ]

1 . 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名 シャープ株式会社